

**PHOTOELECTRIC MICROCIRCUIT COMPONENTS MONOLYTHICALLY  
INTEGRATED WITH ZONE PLATE OPTICS****Patent number:** DE1764639**Publication date:** 1971-02-18**Inventor:** LEHOVEC KURT DR**Applicant:** LEHOVEC KURT DR**Classification:**

**- international:** *G02B5/18; G03F7/20; H01J29/10; H01L31/00;  
H01L31/0232; H01L31/052; H01L31/113; H01L33/00;  
H01S5/026; H01S5/30; G02B5/18; G03F7/20;  
H01J29/10; H01L31/00; H01L31/0232; H01L31/052;  
H01L31/101; H01L33/00; H01S5/00; (IPC1-7):  
H01L15/00*

**- european:** *G02B5/18Z; G03F7/20T18; H01J29/10; H01L31/00;  
H01L31/0232B; H01L31/052B; H01L31/113C;  
H01L33/00B6; H01S5/026; H01S5/30*

**Application number:** DED1764639 19680709**Priority number(s):** US19670653245 19670713**Also published as:**

 US3569997 (A1)  
 NL6809931 (A)  
 GB1193228 (A)  
 FR1574423 (A)  
 SE341225 (B)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE1764639

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(51)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Int. Cl.:

H 01 l, 15/00

H 01 l

H 04 n, 5/70

H 01 s, 3/00

Deutsche Kl.:

21 g, 29/10

21 g, 39/00

21 n7, 5/70

21 g, 53/00

(52)

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

(44)

# Auslegeschrift 1 764 639

Aktenzeichen: P 17 64 639.8-33

Anmeldetag: 9. Juli 1968

Offenlegungstag: —

Auslegungstag: 18. Februar 1971

Ausstellungspriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: 13. Juli 1967

(33)

Land: V. St. v. Amerika

(31)

Aktenzeichen: 653245

(54)

Bezeichnung: Integriertes elektrooptisches Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder: Lehovec, Kurt, Dr., Williamstown, Mass. (V. St. A.)

Vertreter: Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Weickmann, H., Dipl.-Ing.;  
Fincke, K., Dipl.-Phys. Dr.; Weickmann, F. A., Dipl.-Ing.;  
Huber, B., Dipl.-Chem., Patentanwälte, 8000 München

(72)

Als Erfinder benannt: Erfinder ist der Anmelder

(56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT 1764639

ORIGINAL INSPECTED

BEST AVAILABLE COPY

⊕ 2.71 109 508/321

Die Erfindung bezieht sich auf ein integriertes elektrooptisches Bauelement und auf ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Die Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie sowie der reziproke Vorgang spielen eine wichtige Rolle in der modernen Nachrichtenübertragung. Ein Beispiel ist die Übertragung eines Lichtbildes in Form einer Folge von elektrischen Impulsen durch eine Fernsehkamera und der umgekehrte Vorgang im Fernsehempfangsgerät. Ein anderes Beispiel ist die Modulierung eines Lichtstrahls durch einen Tonstreifen eines Filmstreifens und die Umwandlung eines modulierten Lichtstrahls in elektrische Signale mittels einer Photozelle und schließlich in akustische Signale mittels eines Lautsprechers.

Es ist bekannt, daß gewisse Halbleiterbauelemente als Strahlungsquellen dienen können und daß umgekehrt eine geeignete Strahlung die elektrischen Eigenschaften von Halbleiterelementen zu beeinflussen vermag. Auf diese Weise ist eine Nachrichtenübertragung durch einen Lichtstrahl zwischen zwei völlig voneinander getrennten elektrischen Systemen möglich (vgl. K. Lehovec in »Proceedings IRE«, November 1952, S. 1407 bis 1409). Im Zusammenhang mit elektrischen Schaltungen, die eine große Vielseitigkeit besitzen und einen extrem geringen Raumbedarf haben, sind in der jüngsten Vergangenheit große Fortschritte gemacht worden, und zwar durch Benutzung von Halbleiterelementen mit p- und n-Zonen, pn-Übergängen, Metallelektroden entweder auf Halbleiterschichten oder auf dünnen Isolierschichten über Halbleiterschichten. Derartige Bauelemente werden kurz integrierte Schaltungen oder Mikroschaltungen genannt. Die Möglichkeiten dieser Mikroschaltungen für kompakte elektrooptische Systeme sind bisher noch nicht voll ausgenutzt worden, und zwar wegen der verhältnismäßig großen Raumbeanspruchung der konventionellen optischen Geräte, wie Linse und Spiegel. Eine zusätzliche Schwierigkeit ergibt sich aus der Forderung einer überaus genauen Justierung von optischem und elektrischem Bauelement im Hinblick auf die kleine lineare Abmessung der elektrischen Halbleiterbauelemente in Mikroschaltungen, die in typischer Weise in der Größenordnung von  $10^{-4}$  bis  $10^{-2}$  liegt.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein kompaktes, integriertes elektrooptisches Bauelement durch Vereinigung einer Mikroschaltung mit einem optischen System von vergleichbaren Dimensionen, wobei der optische Bauteil durch die gleichen Herstellungsverfahren erzeugt wird, die bei der Herstellung von Halbleitermikroschaltungen üblich sind. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung einen integrierten elektrooptischen Baubestandteil, dessen optischer Teil gleichzeitig elektrische Funktionen ausübt, wodurch eine noch größere Integration erzielt wird.

Die vorliegende Erfindung betrifft elektrooptische Bauteile von großer Einfachheit und hervorragenden elektrischen und optischen Eigenschaften. Schließlich ermöglicht die vorliegende Erfindung eine verbesserte Nachrichtenübermittlung zwischen zwei voneinander elektrisch isolierten Mikroschaltungen durch Strahlung unter Benutzung der erfindungsgemäßen integrierten elektrooptischen Bauelemente.

Die Erfindung besteht in der Vereinigung einer Halbleitermikroschaltung, die ein lichtelektrisches Bauelement enthält, mit einem sogenannten Fresnel-optischen System zu einem integrierten Bauelement.

Lichtelektrisches Bauelement bedeutet im Rahmen dieser Patentanmeldung jedes Bauelement zur Umwandlung von elektrischer Energie in Strahlungsenergie, und umgekehrt. Es gibt vier Typen dieser lichtelektrischen Bauelemente:

- I. Erzeugung elektrischer Energie durch einfallende Bestrahlung, z. B. die photovoltaische Zelle oder Solarbatterie;
- II. die Modulation eines elektrischen Signals durch einfallende Strahlung, z. B. der lichtelektrische Widerstand;
- III. die Erzeugung von Strahlung durch ein elektrisches Signal, wie sie z. B. in p-n-Übergängen bei Stromdurchgang stattfindet (z. B. K. Lehovec, C. A. Accarda & E. Jamgochian Phys. Rev., 83, S. 603 bis 607 [1951]), und
- IV. eine Gruppe von Bauelementen, die wir Photomodulatoren nennen wollen und die die Intensität eines einfallenden Lichtstrahls durch ein elektrisches Signal modulieren (Beispiele von Photomodulatoren finden sich in den USA.-Patenten 2 776 367, 2 929 923 und 3 158 746), und Bauelemente, die auf dem Franz-Keldysh-Effekt beruhen.

Jede der vier erwähnten Gruppen von lichtelektrischen Bauelementen benötigt ein optisches System um den optimalen Wirkungsgrad der elektrooptischen Umwandlung zu erreichen. Die vorliegende Erfindung benutzt ein Fresnel-optisches System in integrierter Vereinigung mit einem lichtelektrischen Bauelement. Im einfachsten Falle ist das optische System eine Zonenplatte, die bekanntlich aus einem System von strahlungsundurchlässigen Zonen besteht, die auf einer strahlungsdurchlässigen Isolierschicht auf dem lichtelektrischen Bauelement angebracht sind. Die lichtundurchlässigen Zonen haben Abmessungen, die so gewählt sind, daß die optischen Weglängen von den Öffnungen zwischen diesen Zonen zur lichtempfindlichen Fläche des Bauelements um ein ganzzahliges Vielfaches einer Lichtwellenlänge sind, falls man es mit einer senkrecht einfallenden ebenen Wellenmonochromatischer Strahlung zu tun hat. Die Strahlung wird dann auf die lichtempfindliche Fläche konzentriert durch das optische Prinzip der Interferenz kohärenter monochromatischer Strahlung. Da strahlungsundurchlässige Beläge durch Metallisierung erzeugt werden können, und zwar mit Rücksicht darauf, daß die selektive Entfernung solcher Beläge von gewissen Zonen mit großer Präzision in Mikroschaltungen bereits weitgehend angewandt wird, und ferner dünne strahlungsdurchlässige Isolierschichten wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und niedrigschmelzende Gläser, auf bereits in der Herstellung von Mikroschaltungen weitgehend angewandt werden, folgt, daß das hier beschriebene integrierte elektrooptische Bauelement in Produktionstechnik und Abmessung den Halbleitermikroschaltungen ideal angepaßt ist. Hinzu kommt, daß eine oder mehrere der metallisierten Zonen einer Zonenplatte als Elektrode des Halbleiterbauelements benutzt werden können, z. B. die Steuer-Elektrode eines Metall-Oxyd-Halbleitertransistors, der gewöhnlich als MOS-Transistor bezeichnet wird. Da Fresnel-optische Systeme auf kohärenter monochromatischer Strahlung ansprechen, folgt unmittelbar, daß die erfindungsgemäßen integrierten elektrooptischen Bauelemente besonders Laserstrahlung geeignet sind.

An Hand von Zeichnungen wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine kreisförmige Zonenplatte in Draufsicht;

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch diese Zonenplatte und illustriert die Fokussierung einer einfallenden ebenen Welle in einem Punkt;

Fig. 3 veranschaulicht das Prinzip der Konstruktion einer Zonenplatte;

Fig. 4 zeigt eine lineare Zonenplatte in Draufsicht;

Fig. 5 zeigt einen vertikalen Schnitt durch ein integriertes elektrooptisches Bauelement gemäß der Erfindung;

Fig. 6 zeigt einen vertikalen Schnitt durch ein weiteres integriertes elektrooptisches Bauelement gemäß der Erfindung, wobei ein Teil der Zonenplatte eine elektrische Funktion ausübt;

Fig. 7 zeigt einen vertikalen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen integrierten elektrooptischen Oberflächen-Laser;

Fig. 8 zeigt einen vertikalen Schnitt durch zwei elektrooptische Systeme, die elektrisch voneinander isoliert sind;

Fig. 9 zeigt einen vertikalen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes integriertes elektrooptisches System zur elektrischen Modulierung eines Lichtstrahls und dessen optischer Abbildung.

Da Zonenplatten oder allgemeiner Fresnel-optische Systeme ein integraler Bestandteil der vorliegenden Erfindung sind, seien sie kurz beschrieben. Eine sogenannte Fresnel-optische Abbildung beruht auf dem Prinzip der Verstärkung oder Auslöschung kohärenter monochromatischer Wellen entsprechend ihrer Phasenunterschiede. Eine Zonenplatte zur Abbildung einer senkrecht einfallenden monochromatischen Welle besteht in einer derartigen Anordnung von lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Zonen, daß alle Lichtwellen, die von den lichtdurchlässigen Zonen ausgehen, an einem Punkt, dem Brennpunkt, in Phase ankommen, d. h. mit Phasenunterschieden auftreten, die ganzzahligen Vielfachen einer Wellenlänge entsprechen. Als Beispiel möge die Zonenplatte gemäß Fig. 1 dienen, welche aus einer ebenen Anordnung der lichtundurchlässigen Zonen 3 und 5 sowie der undurchlässigen zentralen Scheibe 1 und der undurchlässigen äußeren Schicht 7 besteht. Dazwischen liegen die durchlässigen ringförmigen Zonen 2, 4 und 6. Obwohl Fig. 1 nur zwei undurchlässige Zonen 3 und 5 aufweist, können mehrere solcher Zonen benutzt werden, wodurch die Apertur der Zonenplatte vergrößert wird. Wenn die Begrenzungsradien der Zonen auf richtige Weise gewählt werden, wie später an Hand von Fig. 3 erläutert werden wird, dann wird eine senkrecht einfallende, ebene, kohärente, monochromatische Welle in einem Punkt auf der Achse der Zonenplatte fokussiert. Dies wird an Hand von Fig. 2 erläutert, die einen vertikalen Schnitt durch Fig. 1 in Richtung A-A' zeigt. Die Pfeile 8 bis 13 veranschaulichen dabei Lichtstrahlen der einfallenden Welle. Die Pfeile 14 bis 19 sind gebeugte Lichtstrahlen, die sich im Brennpunkt 20 treffen, der auf der Achse 20 bis 24 liegt. Um dies zu erreichen, muß die optische Weglänge der Strahlen 14, 15, 16 um ganzzahlige Vielfache einer Wellenlänge  $\lambda$  verschieden sein. Diese Forderung führt zu der Konstruktion, die in Fig. 3 gezeigt ist. Fig. 3 zeigt dabei einen vertikalen Schnitt ähnlich dem von

Fig. 2. Die Zonenplatte soll den von oben her senkrecht auf die Ebene 22 einfallenden Lichtstrahl in dem Punkt 21 abbilden. Dieser Punkt liegt um die Länge  $D$  unterhalb der Ebene 22 der Zonenplatte. Man ziehe eine Reihe von Kreisen um 21 mit dem Radius

$$R_m = D + m\lambda/4n + \epsilon,$$

wobei  $m = 1, 2, 3$  usw. ist;  $D$  ist der Abstand zwischen 21 und 23,  $\lambda$  ist die Vakuumwellenlänge der einfallenden Strahlung, und  $n$  ist der Brechungsindex des strahlendurchlässigen Materials zwischen 21 und 22 und  $\epsilon$  ist eine beliebige kleine Länge. Die  $m$ -Werte für die inneren vier Kreise sind in der Figur angegeben und auch die Unterschiede  $\lambda/4n$  zwischen zwei benachbarten Kreisen. Die Durchschnittspunkte der Kreise mit ungeraden  $m$ -Werten bestimmen die Begrenzungen zwischen durchlässigen und undurchlässigen Zonen, und die Durchschnittspunkte der Kreise mit  $m = 2, 6, 10$  usw. bestimmen die Mittelpunkte der durchlässigen Zonen in Fig. 3. Ihre Entfernungen von dem Brennpunkt 21 sind mit  $R_2, R_6$  und  $R_{10}$  bezeichnet. Die Zonenplatten, die in den Fig. 1 bis 3 abgebildet sind, haben undurchlässige Zentralzonen. Eine andere Gruppe von Zonenplatten kann erzeugt werden durch Umtausch der durchlässigen und undurchlässigen Zonen in den Fig. 1 bis 3. Eine Zonenplatte von größerer Lichtstärke kann hergestellt werden, indem die undurchlässigen Zonen durch durchlässige Zonen ersetzt werden, die aus einem durchlässigen Material mit einer Dicke  $a$  und dem Brechungsindex  $n'$  bestehen, wobei  $an' = \lambda/2$  gewählt wird.

In Fig. 4 ist eine Draufsicht einer linearen Zonenplatte gezeigt. Die Mittellinie 31 entspricht der Mittelscheibe 1 der kreisförmigen Zonenplatte gemäß Fig. 1. Die Linienpaare 33, 33', 35, 35' und 37, 37' entsprechen den Ringen 3, 5 und 7. Die Breite der Mittelzone 31 entspricht dem Durchmesser von 1 in Fig. 1, und die Entfernungen der gleichbezeichneten Linienpaare entsprechen den Durchmessern der entsprechenden ringförmigen Zonen in Fig. 1. Eine lineare Zonenplatte kann dabei benutzt werden, um einen Lichtstrahl von linienförmigem Querschnitt auf einer Linie abzubilden, die sich unter Zugrundelegung der Ansicht gemäß Fig. 2 senkrecht zur Zeichenebene durch den Punkt 20 erstreckt. Dies ist wichtig, da lichtelektrische Halbleiterbauelemente oft linienförmig sind, wie z. B. die Durchschnittslinie eines ebenen pn-Übergangs mit der Halbleiteroberfläche oder die Region zwischen Quelle und Senke eines MOS-Transistors.

Die bei den Zonenplatten angewandten Prinzipien, die hier für eine ebene, senkrecht einfallende Welle eingehend diskutiert wurden, können natürlich auch auf die Abbildung von divergierenden oder konvergierenden Lichtbündeln übertragen werden. Dieselbe optische Anordnung, welche die Abbildung einer kohärenten monochromatischen Strahlung auf ein photoelektrisches Bauelement bewirkt, kann zur Bündelung der von einem solchen Bauelement emittierten Strahlung dienen.

Im folgenden werden Beispiele von erfindungsgemäßen Kombinationen von Halbleiterbauelementen mit optischen Zonenplatten beschrieben. Fig. 5 zeigt dabei einen vertikalen Schnitt durch eine Halbleiterplatte 41, auf welcher eine Zonenplatte des in Fig. 1 und 2 gezeigten Typs aufgebracht ist. Die strahlungsdurchlässigen Regionen sind mit den Ziffern 2, 4

und 6 versehen, während die undurchlässigen Regionen wie in Fig. 1 mit 1, 3 und 5 bezeichnet sind. Die Zonenplatte ist auf einem strahlungsdurchlässigen Isolierfilm 40 aufgebracht, welcher die Oberfläche eines lichtelektrischen Bauelements bedeckt. Als Beispiele eines solchen Bauelements wurde in Fig. 5 ein pn-Übergang 43 in der Halbleiterscheibe 41 gewählt. Mit 44 und 45 sind dabei elektrische Kontakte für die p- und n-Schicht bezeichnet. Der pn-Übergang kann als Photo-Spannungsquelle (Solar-Batterie), als lichtelektrischer Widerstand oder als Lichtquelle dienen, je nach der äußeren Spannung, die an die Kontakte 44 und 45 angelegt wird. Mit anderen Worten heißt dies, daß der Punkt 42 in Fig. 5 ein lichtregistrierendes oder ein lichtaussendendes Bauelement sein kann. Die Zonenplatte, die aus der durchlässigen Isolierschicht 40 und aus den undurchlässigen Regionen 1, 3, 5 und 7 besteht, ist so konstruiert, daß eine ebene Lichtwelle, die senkrecht einfällt, in dem Brennpunkt 42 abgebildet wird, der an dem Schnittpunkt des pn-Übergangs 43 mit der Halbleiteroberfläche liegt. Der Hauptvorteil von Bauelementen mit Zonenplattenoptik im Vergleich zu Bauelementen ohne solche Optik besteht in der erhöhten Lichtstärke am lichtempfindlichen Punkt 42. Da Fig. 5 nur zur Illustration der erfindungsgemäßen Grundgedanken dient, wurde kein Wert auf eine eingehende Diskussion des lichtelektrischen Bauelementes gelegt.

Der Wirkungsgrad der Umwandlung zwischen elektrischer Energie und Strahlungsenergie kann in vielfacher Weise erhöht werden:

1. Die pn-Region kann z. B. linienförmig ausgebildet sein, so daß der Schnitt des pn-Übergangs mit der Oberfläche im wesentlichen aus zwei parallelen Linien besteht. In diesem Fall können ein oder zwei Zonenplatten des aus Fig. 4 ersichtlichen Typs gewählt werden, um die einfallende Strahlung auf dem Schnitt des pn-Übergangs mit der Oberfläche oder die von dem Schnitt des pn-Übergangs mit der Oberfläche ausgehende Strahlung abzubilden.
2. Als anderes Beispiel sei ein kreisförmiger Schnitt des pn-Übergangs mit der Oberfläche genannt, und zwar im Zusammenhang mit einer Zonenplatte, die auf diesen Kreis optisch justiert ist. Eine solche Zonenplatte kann man sich durch Biegung der linearen Streifen gemäß Fig. 4 als in einen Kreis zustande gekommen denken, wobei der Kreis den gleichen Radius besitzt wie der Schnitt des pn-Übergangs mit der Halbleiteroberfläche, wobei der Abstand 37-37' in Fig. 4 als klein gegenüber dem Radius dieses Kreises gedacht ist.
3. Als eine weitere Möglichkeit sei erwähnt, daß die Halbleiterplatte so dünn ist, daß der pn-Übergang sich durch die ganze Platte praktisch senkrecht zur Oberfläche erstreckt, was zu einer viel kleineren Fläche des pn-Übergangs führt, ohne daß dadurch der Schnitt mit der Halbleiteroberfläche verringert wird, welcher der Bestrahlung ausgesetzt ist oder von dem die Strahlung ausgeht. Auf diese Weise werden Restströme über den pn-Übergang, die für die photoelektrische Umwandlung unwesentlich sind, weitgehend unterdrückt. Solch eine dünne Halb-

leiterschicht kann z. B. durch epitaxiales Aufwachsen von Silizium auf Saphirunterlage hergestellt werden.

4. Entsprechende Vorteile ergeben sich, wenn ein Oberflächenschicht der p- oder n-Region (oder beide) stärker dotiert wird als das Innere der Halbleiterscheibe.

Fig. 6 stellt das Prinzip eines elektrooptischen Systems dar, bei dem ein Teil der Zonenplatte eine elektrische Funktion ausübt. Die Abbildung zeigt einen Schnitt durch eine n-Typ-Halbleiterscheibe 50 in welche zwei p-Regionen 51 und 52 so eingebracht sind, daß sie nur durch eine schmale n-Schicht 53 voneinander getrennt sind. Die Regionen 51 und 52 erstrecken sich linienförmig in Richtung senkrecht zur Bildebene. Kontakte (welche in der Abbildung der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet wurden) sind in diesen Regionen vorgesehen. Die Halbleiterscheibe ist mit einer strahlungsdurchlässigen Isolierschicht 54 bedeckt, deren äußere Oberfläche eine lineare Zonenplatte des aus Fig. 4 ersichtlichen Typs trägt, wobei die lichtundurchlässigen Zonen 55, 56, 56', 57, 57', 58, 58' gemäß Fig. 4 den Zonen 31, 33, 33', 35, 35', 37 und 37' gemäß Fig. 4 entsprechen. Die innere undurchlässige Zone 55 besteht dabei aus einer Metallschicht, an welcher der Kontakt 162 angebracht ist. Die Metallschicht 55 und die Regionen 51 und 52 stellen eine Steuerelektrode, eine Quelle und eine Senke eines Metalloxyd-Halbleiter-Transistors, der üblicherweise als MOS-Transistor bezeichnet wird, dar. Das Bauelement gemäß Fig. 6 unterscheidet sich von einem gewöhnlichen MOS-Transistor nur durch die undurchlässigen Regionen 56, 56', 57, 57' und 58, 58'. Diese Regionen bzw. Zonen sind so angeordnet, daß einfallende monochromatische Strahlung in der Figur 53 abgebildet wird, was in der betreffenden Figur durch Pfeile angedeutet ist. Die Quantenenergie dieser Strahlung muß größer sein als die sogenannte verbotene Bandbreite des Halbleiters, so daß Struktur gemäß Fig. 6 auf folgende Weise strahlungsempfindlich wird: Im Dunkeln sind die p-Zonen 51 und 52 voneinander durch die n-Schicht 53 isoliert, falls keine sogenannte Inversionsladungsschicht an der Oberfläche 53 induziert wird. Eine Inversionsladung kann durch eine genügend große negative Spannung an 55 bewirkt werden. Diese Spannung, die gerade noch genügt, um eine Inversionschicht hervorzurufen, wird üblicherweise Anschaltspannung genannt. Falls jedoch in der Schicht Elektronen-Löcherpaare durch Bestrahlung erzeugt werden, werden die Löcher durch die negative Spannung an 55 zur Oberfläche von 53 getrieben, so daß eine p-leitende Verbindung zwischen 51 und 52 entsteht, obwohl die Spannung an 55 noch unterhalb der Anschaltspannung im Dunkeln liegt. Mit anderen Worten heißt dies, daß bei geeigneter Spannung an 55 der MOS-Transistor im Dunkeln abgeschaltet und bei Bestrahlung angeschaltet ist, ist besonders zu beachten, daß die Zonenplatte optisch es ermöglicht, die Strahlung in der Region abzubilden, obwohl diese Region gegen die Strahlung durch die undurchlässige Steuerelektrode geschützt ist. Dadurch spricht der MOS-Phototransistor nur auf die monochromatische, kohärente Strahlung, für welche die Zonenplatte ausgelegt ist, er ist gegen Rauscheffekte, die durch inkohärente

panchromatische Strahlung hervorgerufen werden könnten, weitgehend geschützt. Diese Unterdrückung des Rauschpegels zusammen mit der Erhöhung des gewünschten Photoeffektes durch Erhöhung der Strahlungsintensität, die durch die Zonenplattenoptik hervorgerufen wird, machen die Anordnung gemäß Fig. 6 weit überlegen, und zwar gegenüber einem MOS-Phototransistor, der aus einem üblichen MOS-Transistor mit durchlässiger Steuerelektrode (ohne Zonenplattenoptik) erhalten werden kann.

Die Anordnung gemäß Fig. 6 kann auch als Strahlungsquelle wirken, wie aus folgendem hervorgeht: Wenn eine hohe negative Spannung in bezug auf das Halbleiterinnere 50 an die Steuerelektrode 55 angelegt wird, wird eine positive, sogenannte Inversionsladung an der Oberfläche 53 hervorgerufen. Wenn die Spannung an der Steuerelektrode nun zu einem positiven Wert umgeschaltet wird, wird die positive Inversionsladung von der Oberfläche fortgetrieben, und negative Elektronenladungen vom Halbleiterinneren 50 fließen zu der Oberfläche 53. Die positive Inversionsladung wird durch die negative Elektronenladung durch sogenannte Rekombination beseitigt, wobei ein Teil der frei gewordenen Energie als Strahlung ausgesendet wird. Die Zonenplatten-Optik dient dazu, diese Strahlung in einen nutzbaren Lichtstrahl zu formen. Die Intensität der Strahlung kann auf verschiedene Weise geregelt werden, z. B. durch die Größe der negativen Steuerspannung vor der Umpolung zu einem positiven Wert. Somit ist eine Mikrolichtquelle auf einer Halbleiteroberfläche erzielt, deren Intensität sich leicht elektrisch modulieren läßt und deren Strahlung in einem nutzbaren Strahl optisch abgebildet ist.

Die Inversionsladung, die an der Oberfläche 53 existiert, wenn eine negative Spannung an die Steuerelektrode angelegt wird, kann auf verschiedene Weise erzeugt werden, wie z. B.

1. durch seitliche Injektion entlang der Halbleiteroberfläche von den p-Regionen 51 und 52;
2. durch Löcher, die im n-Halbleiterinneren 50 thermisch erzeugt werden und sich an der Oberfläche 53 ansammeln;
3. durch Löcher, die durch den sogenannten Avalanche-Effekt in einem starken Felde in 53 entstehen; ein solches Feld wird durch Anlegen eines genügend hohen negativen Potentials an 55 erzeugt;
4. durch sogenanntes Tunneln von Elektronen vom Valenz-Band zum Elektronenleitfähigkeitsband des Halbleiters, wenn ein genügend starkes Feld in 53 induziert wird, und zwar durch Anlegen eines hinreichend hohen negativen Potentials an die Steuerelektrode 55;
5. durch Löcher, die in 53 oder im Halbleiterinneren 50 durch Beleuchtung erzeugt worden sind. Die Beleuchtung kann von hinreichend kürzerer Wellenlänge sein als die erzeugte Strahlung, so daß eine optische Trennung durch die Zonenplattenoptik leicht möglich ist. So kann z. B. im Falle von Silizium die Strahlung im ultravioletten Spektrum liegen, während die emittierte Strahlung im nahen Infrarotbereich liegt. Falls die einfallende Strahlung eine Wellenlänge hat, die ein ganzzahliger Bruchteil der ausgestrahlten Wellenlänge ist, so kann die

gleiche Zonenplatten-Optik sowohl zur Bündelung der einfallenden Strahlung als auch der emittierten Strahlung dienen;

6. durch Injektion von Löchern über einen pn-Übergang, der in 50 in der Nähe von 53 liegt.

Es ist somit ersichtlich, daß eine Reihe von Möglichkeiten vorhanden ist, die Inversionsladung zu erzeugen. Einige dieser Möglichkeiten benötigen nur den Steuerkontakt 162 und einen zweiten Kontakt zu dem Halbleiter 50, d. h., die p-Regionen 51 und 52 sind nicht einmal erforderlich. Obwohl die Anordnung gemäß Fig. 6 auf einem n-Halbleiterinneren mit einer p-Inversions-Schicht beruht, dürfte einzusehen sein, daß eine entsprechende Anordnung aus einem p-Halbleiterinneren mit n-Inversions-Schicht hergestellt werden kann, wobei eine positive Spannung an die Steuerelektrode angelegt wird und die n-Regionen 51 und 52 vorgesehen werden.

Es wurde bereits erwähnt, daß Fresnel-Optiken, zu welchen die Zonen-Platten gehören, auf dem Prinzip der Beugung und Interferenz von kohärenten Strahlungen beruhen. Da Interferenz-Bedingungen nicht über einen weiten Wellenlängenbereich an derselben optischen Anordnung erfüllt sind, ergibt sich, daß eine Fresnel-Optik besonders für monochromatische Strahlung geeignet ist. Extrem monochromatische Strahlung wird bekanntlich von Lasern ausgesandt. Es gibt Laser-Typen, sogenannte pn-Übergangs-Laser, die Halbleiterbauelemente sind und die daher unter die Konstruktionsmethoden fallen, die im Zusammenhang mit Fig. 5 und 6 erwähnt wurden. Darüber hinaus eröffnen die elektrooptischen Bauelemente der Erfindung die Möglichkeit der Schaffung neuer Laser-Typen.

Im allgemeinen benötigt ein Laser drei Komponenten:

1. ein Material, das Strahlung auszusenden vermag, z. B. durch Rekombinierung von Elektronen und Löchern,
2. gewisse Grenzbedingungen für die Strahlung, wodurch stehende Wellen ermöglicht werden, und
3. optisches oder elektrisches Pumpen, um genügend viele Elektronen in die höheren Energiezustände zu bringen, von welchen sie zu niedrigeren Zuständen unter Lichtausstrahlung übergehen können.

Fig. 7 zeigt eine ähnliche Anordnung wie Fig. 6, wobei jedoch zusätzliche optische Grenzbedingungen für die emittierte Strahlung erfüllt sind und optisches Pumpen und elektrisches Auslösen der Laseraktion ermöglicht ist. Fig. 7 zeigt dabei schematisch einen Schnitt durch eine Halbleiterschicht 60 mit einer ebenen Oberfläche 61, auf der eine strahlungsdurchlässige Isolierschicht 62 aufgetragen ist. Die äußere Oberfläche 63 dieser Isolierschicht trägt eine kreisförmige Zonenplatte, die aus den undurchlässigen Zonen 64 bis 66 und der halbdurchlässigen Scheibe 67 besteht. Die Zonenplatte ist dabei gemäß den aus Fig. 3 ersichtlichen Verhältnissen so konstruiert, daß die einfallende optische Pumpenenergie, die durch die Pfeile 68 bis 73 bezeichnet ist, in dem Punkt 74 der Halbleiteroberfläche 61 abgebildet wird, wodurch dort eine hohe Pumpenenergiedichte entsteht. Die Dicke von 62 zwischen 74 und 67 ist so



gewählt, daß ein stehendes Wellenfeld der Laserstrahlung entsteht. Der Laserstrahl wird durch die halbdurchlässige Schicht 67 emittiert; er kann elektrisch ausgelöst werden durch eine Spannung, die zwischen dem Kontakt 78 an der halbdurchlässigen Schicht 67 und dem Kontakt 79 an dem Halbleiterkörper 60 angelegt wird. Das Auslösen erfolgt durch Umpolen von einer negativen Spannung an 78 in bezug auf 79 zu einer positiven Spannung. Dabei ist ein n-Halbleiter angenommen. Im Falle eines p-Halbleiters wird eine positive Spannung an 78 auf einen negativen Wert geändert, um den Laserstrahl auszulösen.

Fig. 8 stellt die optische Kopplung zwischen zwei voneinander isolierten Mikroschaltungen durch Benutzung zweier Bauelemente vom Typ gemäß Fig. 6 dar. Eine n-Halbleiterschicht 80 mit zwei p-Zonen 81, 82 stellt Quelle und Senke eines MOS-Transistors dar.

Auf der strahlungsdurchlässigen Isolierschicht 83 ist die Zonenplatte 84 angebracht, deren zentrale Zone 85 als Steuerelektrode des MOS-Transistors dient. Diese Zonenplatte dient zur Formierung eines parallelen Strahles aus der von 86 emittierten Strahlung. Vier solche Lichtstrahlen sind durch die Pfeile der Fig. 8 angedeutet. Der Raum 91 auf der anderen Seite der Zonenplatte ist strahlungsdurchlässig und stellt die Festkörperverbindung zu einer anderen Mikroschaltung her, die eine zweite Zonenoptik 92 auf einer strahlungsdurchlässigen Schicht 93 enthält. Die andere Mikroschaltung gemäß Fig. 8 umfaßt einen Strahlungsempfänger vom Typ des MOS-Transistors, dessen Regionen 94, 95 und 96 ähnlich dem Aufbau nach Fig. 6 sind. Daher erübrigt es sich, hier auf Einzelheiten einzugehen. Der Halbleiter 97 des Strahlungsempfängers soll eine geringere verbotene Bandbreite besitzen als der Halbleiter 80 der Strahlungsquelle. Zum Beispiel kann die Strahlungsquelle aus GaAs oder GaP und der Strahlungsempfänger aus Si oder Ge hergestellt werden. Die durchlässige Schicht 91 kann aus einem optischen Bindemittel, wie Kanada-Balsam, hergestellt werden. In dem Fall, daß eine elektrische Isolation zwischen den Steuerelektroden 85 und 98 nicht notwendig ist, können die beiden Zonenplatten 84 und 92 in eine einzige Zonenplatte zusammengelegt werden. Es kann sogar eine solche einzelne Zonenplatte auf einer Isolierschicht benutzt werden, um Strahlung, die von einem Punkt einer planaren Oberfläche des Halbleiters ausgeht, an einem seitlich verschobenen Punkt der gleichen Oberfläche abzubilden, an dem ein Strahlungsempfänger liegt. In diesem Falle sollte sich die chemische Zusammensetzung des Halbleiters längs der Oberfläche ändern, um eine Stelle der Oberfläche empfindlich für die Strahlung zu machen, die von einer anderen Stelle ausgesandt ist. Die Zonenplatte muß so gewählt werden, daß die optischen Strahlungswege zwischen der Strahlungsquelle und dem Strahlungsempfänger längs aller Lichtstrahlen, die über die Zonenplatte führen, sich um ganzzahlige Vielfache einer Wellenlänge unterscheiden.

Alle Beispiele für integrierte elektrische Anordnungen, die bisher beschrieben worden sind, benutzen eine strahlungsdurchlässige Isolierschicht zwischen der Ebene der Zonenplatte und dem Halbleiter. Dies ist jedoch nicht notwendigerweise der Fall. Die Erfindung schließt vielmehr auch Anord-

nungen ohne strahlungsdurchlässige Isolierschicht ein. Als Beispiel mag Fig. 9 dienen, welche eine Anordnung zur elektrischen Modulierung der Intensität eines Lichtstrahls zeigt und gleichzeitig eine optische Abbildung dieses Lichtstrahls bewirkt. Fig. 9 zeigt einen Querschnitt durch eine Halbleiterscheibe 100, die an einer ihrer Oberflächen eine Zonenplatte 101 trägt, welche die senkrecht einfallende ebene monochromatische Lichtwelle (Lichtstrahlen 102 bis 107) auf die kleine Fläche 108 konzentriert. Die strahlungsundurchlässigen Zonen 109 bis 115 der Zonenplatte sind elektrisch leitend und bilden elektrische Sperrschichten zu dem angrenzenden Halbleiterkörper 100. Die Zonen 109 bis 115 sind leitend so miteinander verbunden und an die Kontakte 116 und 117 angeschlossen, daß Spannungen zwischen nebeneinanderliegenden strahlungsundurchlässigen Zonen angelegt werden können, die starke elektrische Felder längs der Oberfläche des Halbleiterkörpers unter den lichtdurchlässigen Zonen bewirken. Es ist bekannt (Franz-Keldysh-Effekt), daß solche Felder die Absorption von Strahlung, deren Wellenlänge ungefähr der sogenannten Absorptionskante des Halbleitermaterials 100 entspricht, erhöhen. Daher dient das Zonenplattensystem, das aus den strahlungsundurchlässigen Zonen 109 bis 115 und dem Halbleiterkörper 100 besteht, nicht nur zur optischen Abbildung der Strahlen 102 bis 107 auf der Fläche 108, sondern auch zur Modulierung dieser Strahlung durch ein elektrisches Signal, das zwischen 116 und 117 angelegt wird. Zur Modulierung durch den Franz-Keldysh-Effekt ist es zweckmäßig, die elektrischen Spannungen an 116 und 117 in bezug auf den Halbleiterkörper 100 so zu wählen, daß die Sperrschicht zwischen 109 und 115 und 100 einen hohen Widerstand behält. Andererseits kann die Absorption auch durch Injizieren von Minoritätsladungsträgern moduliert werden. Dabei dienen dann zwei benachbarte, leitende, lichtundurchlässige Zonen der Zonenplatte als Emitter und Kollektor eines lateralen Transistors. Der Emitter wird dann in der sogenannten Flußrichtung und der Kollektor in der Sperrichtung gepolt.

Im Anschluß an die Fläche 108 des Halbleiterkörpers 100 kann ein anderer Halbleiterkörper 111 angeschlossen werden, der ein lichtelektrisches Bauelement 119 einschließt. Dieses Bauelement kann entweder als Photodetektor oder aber als Quelle der Lichtstrahlen 102 bis 107 dienen. In beiden Fällen kann die Strahlungsintensität durch elektrische Signale an den Elektroden 116 und 117 moduliert werden.

Es dürfte ohne weiteres verständlich sein, daß die geringe Größe der hier beschriebenen Anordnungen und ihre Fähigkeit, durch die übliche Halbleitertechnik hergestellt werden zu können, die Möglichkeit bietet, viele solcher elektrooptischer Bauelemente in Matrizen oder Mosaiken zu vereinigen und in Verbindung mit sogenannten Ring-Zähler-Schaltungen, Festkörper-Fernsehschirmen, Zifferblätter und Uhren usw. herzustellen. Die Methoden, die für die Herstellung der hier beschriebenen elektrooptischen Bauelemente anzuwenden sind, sind bekannt, und zwar von der Herstellung von Halbleiter-Mikroschaltungen. Diese Methoden umfassen: Halbleitereinkristallzüchtung, Zerschneiden, Polieren und Ätzen, Schutz eines Teils der Oberfläche durch Oxyde, Nitride od. ä., Eindiffundieren von geeigneten



ten, elektrisch aktiven Verunreinigungen durch unmaskierte Teile der Oberfläche, Metallisieren durch Hochvakuumverdampfung und die als »Photoätz-Technik« bezeichnete Methode zur optischen Herstellung von Mikrostrukturen auf Oberflächen mit einer Auflösung bis zu weniger als 1 Mikrometer. Da die Erfindung nicht in den individuellen Herstellungsvorgängen, sondern in der Vereinigung von an sich bekannten elektrischen und optischen Anordnungen zu einer ganz neuen Klasse von integrierten elektrooptischen Anordnungen besteht, werden hier die Arbeitsgänge nur ganz kurz erwähnt.

Im folgenden seien Beispiele für die Herstellung der Bauelemente gemäß Fig. 5 bis 9 angegeben:

Bei der Anordnung vom Typ der Fig. 5 und 6 mag als Halbleitermaterial Silizium und Strahlung von 1 Mikrometer Wellenlänge gewählt werden. Die p- und n-Regionen des Halbleiters können in bekannter Weise durch Dotieren mit Bor und Arsen hergestellt werden. Der n-Typ-Halbleiterkörper in Fig. 6 mag aus mit Arsen dotiertem Silizium mit 1 Ohm-cm spezifischem Widerstand bestehen, in welchem die stark p-dotierten Regionen durch Eindiffusion von Bor durch Öffnungen in einer Siliziumoxyd-Oberflächenschicht hergestellt werden. Der Abstand zwischen den p-Regionen 51 und 52 entlang der Oberfläche des Silizium-Körpers mag 2 Mikrometer sein. Die strahlungsdurchlässigen Schichten 40 und 54 in Fig. 5 und 6 können aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen und 4 Mikrometer dick sein; das  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ist dabei durch chemische Gas-Reaktion von Ammoniak-Dampf und  $\text{SiH}_4$  bei  $900^\circ\text{C}$  hergestellt worden. Es empfiehlt sich, die Silizium-Oberfläche vor Überzug mit  $\text{Si}_3\text{N}_4$  mit einer einige hundert Angström-Einheiten dicken Oxyd-Schicht zu überziehen, z. B. durch kurzzeitige Erhitzung des Siliziums in trockenem Sauerstoff bei  $1000^\circ\text{C}$ . Die äußere  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Oberfläche wird daraufhin mit einer aufgedampften Aluminiumschicht von etwa 0,1 Mikrometer Dicke versehen. Durch das bekannte photolithographische Verfahren können Teile des Aluminiums weggeätzt werden, um die Zonenplatte zu erzeugen. Zur Benutzung des Bauelements mit Licht von 1 Mikrometer Wellenlänge, das in ebener Welle senkrecht einfällt, werden die folgenden Radien gewählt:  $R_2 = 1,5$ ,  $R_6 = 2,6$  und  $R_{10} = 3,4$  Mikrometer. Diese Werte werden durch die Konstruktion gemäß Fig. 3 erhalten, wobei als Brechungsindex von  $\text{Si}_3\text{N}_4$   $n = 2,1$  benutzt wurde, so daß die Wellenlänge im  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ungefähr 0,5 Mikrometer wird. Die Kontakte werden in der für Halbleiterschaltungen üblichen Weise hergestellt, d. h. durch Thermal-Kompression von Al- oder Au-Drähten an den p- und n-Regionen gemäß Fig. 5 und 50, 51, 52 und 55 in Fig. 6. An Stelle der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Schicht kann auch ein niedrigschmelzendes Glas verwendet werden, wie es zuweilen zum Oberflächenschutz von Halbleiterbauelementen verwendet wird; natürlich muß dann der entsprechende Brechungsindex bei der Berechnung der Zonenplatte benutzt werden.

Der Halbleiterkörper 60 gemäß Fig. 7 mag aus einer Gallium-Arsenid-Einkristallplatte bestehen, wobei die grüne Quecksilberdampf-Spektrallinie als Pumpstrahlung 68 bis 73 benutzt wird. Die durchlässige Schicht 62 kann aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen, und die Bedingung für das Auftreten einer stehenden Schwingung ist  $m\lambda_v = Dn'$ , wobei  $D$  die Dicke der Schicht 62,  $n'$  der Brechungsindex dieser Schicht,  $\lambda_v$  die

Vakuumwellenlänge der Laserstrahlung und  $m$  eine ganze Zahl ist. Die halbdurchlässige Schicht 67 kann aus einem Goldüberzug von einigen hundert Angström Dicke bestehen.

Gemäß Fig. 8 kann der strahlungserzeugende Halbleiterkörper 80 aus GaAs und der strahlungsempfangende Halbleiterkörper 97 aus Germanium bestehen. Gemäß Fig. 9 kann der Halbleiterkörper 100 aus Germanium bestehen, das mit Arsen dotiert ist, um einen spezifischen Widerstand von 10 Ohm-cm zu erhalten. Die undurchlässigen Zonen 109 bis 115 können durch Bedampfung mit einer Legierung bestehend aus 10 Gewichtsprozent Indium und 90 Gewichtsprozent Cadmium hergestellt werden, wobei diese Legierung aus den durchlässigen Zonen durch photolithographisches Ätzen entfernt wurde. Diese Aufdampfschicht der Zonen 109 bis 115 kann in die Germanium-Oberfläche bis zu geringer Tiefe eingelegt werden, um die Haftfähigkeit und die elektrische Sperrschichtwirkung zu verbessern. Das Verfahren ist dasselbe, wie es bei der Herstellung der handelsüblichen mikrolegierten, sogenannten elektrochemischen pnp-Transistoren Verwendung findet. Der ohmsche Kontakt zum n-Halbleiterkörper 100, der nicht in Fig. 9 gezeigt ist, kann durch Anschmelzen einer Au-Sb-Legierung an einer durch Sandstrahlgebläse aufgerauten Stelle der Halbleiteroberfläche erfolgen. Die Strahlung, welche durch den Franz-Keldysh-Effekt moduliert werden soll, hat eine Vakuum-Wellenlänge von ungefähr 1,6 Mikrometer, und die Zonenplattenoptik muß dementsprechend nach den Prinzipien der Fig. 3 konstruiert werden, wobei der Brechungsindex  $n = 4$  des Germaniums berücksichtigt werden muß. Die lichtempfindliche Halbleiterschicht 118 kann aus PbSe hergestellt werden. Das Bauelement gemäß Fig. 9 kann auch aus einem GaAs-Körper 100 mit epitaxialem Germanium-Film 118 hergestellt werden. In diesem Falle mag der Übergang zwischen GaAs 100 und Ge 118 als lichtempfindliches Bauelement 119 dienen.

Da die Dichte der Stromträger in den meisten Halbleitermaterialien durch Strahlung geeigneter Wellenlänge geändert werden kann, ergibt sich, daß jedes Bauelement, welches aus solchem Material hergestellt ist, in der erfindungsgemäßen elektrooptischen Struktur Verwendung finden kann. Dies schließt lichtempfindliche Widerstände, pn-Übergänge, Metall-Halbleiter-Sperrschichten, pnp- und npn-Transistoren, MOS-Transistoren, Halbleiterinjizierungs-laser vom pn-Übergang-Typ und viele andere Elemente ein. Von besonderem Interesse für die vorliegende Erfindung sind Halbleiterbauelemente, die an einer flachen Oberfläche des Halbleiters liegen, wie es in der sogenannten planaren Technologie der Fall ist. Als Beispiele solcher Bauelemente seien besonders die MOS-Transistoren und die bipolaren lateralen Transistoren erwähnt.

Obwohl elektrische Halbleitung in allen erwähnten Beispielen benutzt wurde, sei bemerkt, daß daraus nicht geschlossen werden soll, daß die Erfindung auf Halbleiterbauelemente beschränkt sei. Zum Beispiel braucht das Material 60 gemäß Fig. 7 nicht ein Halbleiter zu sein, sondern es könnte der Rubin-Kristall eines Rubin-Lasers sein. Da die vorliegende Erfindung durch eine Vielzahl von Anordnungen verwirklicht werden kann, sei abschließend bemerkt, daß die Erfindung nicht auf die erwähnten Anwendungsbeispiele beschränkt ist, sondern jeweils eine

Anordnung umfaßt, die zur Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie, oder umgekehrt, oder zur Modulierung von Strahlungsenergie durch ein elektrisches Signal dient, ein Fresnel-optisches System umfaßt, das zur optischen Abbildung kohärenter, monochromatischer Strahlung durch Beugung und Interferenz dient, und in untrennbarer Vereinigung zwei Teile in einem einheitlichen Festkörperbauelement enthält, wobei die gegenseitige Verlagerung dieser Teile nach der Herstellung, ohne zumindest einen der Teile zu zerstören, unmöglich ist.

Patentansprüche:

1. Integriertes elektrooptisches Bauelement zur Umwandlung von elektrischer Energie in Strahlungsenergie bzw. von Strahlungsenergie in elektrische Energie, unter Verwendung eines photoelektrischen Bauelements und eines optischen Systems, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System ein optisches Fresnel-System (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58' in Fig. 6) ist, das mit dem photoelektrischen Bauelement (50 bis 53 in Fig. 6) flächenhaft fest verbunden ist.
2. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das photoelektrische Bauelement (50 bis 53) ein strahlungsempfindliches Halbleiter-Schaltungselement ist und daß das optische Fresnel-System (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') durch eine Zonenplatte gebildet ist, die über eine strahlungsdurchlässige Festkörperschicht (54) mit dem Halbleiter-Schaltungselement verbunden ist.
3. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das photoelektrische Bauelement (50 bis 53) einen Festkörper enthält, dessen Strahlungsabsorption durch ihm zugeführte elektrische Signale änderbar ist.
4. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das photoelektrische Bauelement (50 bis 53) durch eine elektrisch anregbare Halbleiter-Strahlungsquelle gebildet ist und daß das optische Fresnel-System (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') durch eine Zonenplatte gebildet ist, die auf einer mit der Halbleiter-Strahlungsquelle (50 bis 53) fest verbundenen strahlungsdurchlässigen Festkörperschicht (54) angeordnet ist.
5. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil (55) des optischen Fresnel-Systems (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') sowohl in einem optischen als auch in einem elektrischen Kreis liegt.
6. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zone (55) der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') mit einem Elektrodenanschluß (162) versehen ist.
7. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 4 und 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleiter-Schaltungselement aus einem Halbleiterblock (50 in Fig. 6) des einen Leitfähigkeitstyps (n) besteht, daß in der Oberfläche des Halbleiterblocks (50) zwei Zonen (51, 52) des anderen Leitfähigkeitstyps (p) enthalten sind, daß mit diesen Zonen (51, 52) sowie mit dem Halbleiterblock

(50) jeweils ein elektrischer Kontakt verbunden ist und daß auf der Oberfläche des Halbleiterblocks (50) eine die beiden Zonen (51, 52) überdeckende strahlungsdurchlässige Isolierschicht (54) vorgesehen ist, die Teil der Zonenplatte ist, welche auf ihre Oberfläche auftretende Strahlung in den zwischen den beiden Zonen (51, 52) befindlichen Bereich (53) leitet und die in ihrer Mitte (55) mit einem Elektrodenanschluß (162) versehen ist.

8. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die innerste Zone (55) der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') strahlungsundurchlässig und elektrisch leitend ist und daß das strahlungsempfindliche Halbleiter-Schaltungselement sowohl gegen direkte panchromatische als auch gegen elektrische Strahlung abgeschirmt ist.

9. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das strahlungsempfindliche Halbleiter-Schaltungselement (50 bis 53) durch die strahlungsundurchlässige Innenzone (55) der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') gegen direkte panchromatische Bestrahlung geschützt und wesentlich nur durch an der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') abgebeugte monochromatische Strahlung erreichbar ist.

10. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach den Ansprüchen 4 und 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiter-Strahlungskörper aus einem Halbleiterblock (50) des einen Leitfähigkeitstyps (n) besteht, daß in einer Oberfläche dieses Halbleiterblocks (50) zwei Zonen (51, 52) entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps vorgesehen sind und daß der Bereich (53) zwischen diesen beiden Zonen (51, 52) durch eine strahlungsdurchlässige Isolierschicht (54) bedeckt ist, auf der sich eine Elektrode (162) befindet, die Teil der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') ist, welche aus dem Bereich (53) zwischen den beiden Zonen (51, 52) auf der Oberfläche zwischen der Elektrode (162) und dem Halbleiterblock (50) angelegte, sich zeitlich ändernde elektrische Spannung hin austretende Strahlung aufnimmt und gebündelt abgibt.

11. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die innerste Zone (55) der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') und der Halbleiterblock (50) mit einer sich zeitlich derart ändernden Spannung abgebenden Spannungsquelle verbunden sind, daß in dem Halbleiterblock (50) sich ändernde Inversionsladung entsteht, die Rekombination von Elektronen-Löcher-Paaren führt, welche die aus der Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') als Strahlungsbündel austretende Strahlung hervorrufen.

12. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Oberfläche des Halbleiterblocks (50) befindlichen Isolierschicht (54) mit einer halbdurchlässigen, elektrisch leitenden Schicht überzogen ist, daß zwischen dem Halbleiterblock (50) und der halbdurchlässigen, elektrisch leitenden Schicht vorgesehene Isolierschicht (54) eine solche Distanz besitzt, daß zwischen der Oberfläche des H

leiterblocks (50) und der halbdurchlässigen Schicht (55) stehende Wellen der auf eine Rekombination von Elektronen und Löchern sich ausbildenden Strahlung vorhanden sind, daß die halbdurchlässige Schicht (55) und der Halbleiterblock (50) an einer Modulationseinrichtung angeschlossen sind, die eine zur Modulierung der Strahlung dienende elektrische Spannung abgibt, und daß auf der dem Halbleiterblock (50) abgewandten Oberfläche der Isolierschicht (54) die Zonenplatte (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') aufgebracht ist, die so bemessen ist, daß sie genügend kurzwellige Strahlung auf die der halbdurchlässigen, elektrisch leitenden Schicht (55) benachbarte Halbleiterblock-Oberfläche zur Erzeugung von Elektronen-Löcher-Paaren durchläßt.

13. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß es bei einer Pumpstrahlung aufnehmendem optischem Fresnel-System (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') als Festkörperlaser betrieben ist.

14. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Zonenplatte (92) eine strahlungsdurchlässige Isolierschicht (91) aufgebracht ist, die eine entsprechende Zonenplatte (84) und darüber ein dem unter der erstgenannten Zonenplatte (92) befindlichen Schichten-

system (93 bis 97) entsprechendes Schichtensystem (80 bis 83) trägt (Fig. 8).

15. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Zonenplatte (z. B. 92) eine Isolierschicht (z. B. 83) aufgebracht ist, über der ein Halbleiterkörper (z. B. 80) des einen Leitfähigkeitstyps liegt, in dessen der Zonenplatte (92) zugewandter Seite zwei Zonen (81, 82) entgegengesetzten Leitfähigkeitstyps enthalten sind.

16. Integriertes elektrooptisches Bauelement nach Anspruch 4 oder 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß es in einer Mehrzahl nebeneinander in einer Ebene vorgesehen ist und daß die einzelnen Bauelemente durch elektrische Signale selektiv oder nacheinander zur Lichtaussendung anregbar sind.

17. Verfahren zur Herstellung eines integrierten elektrooptischen Bauelementes nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Oberfläche eines Halbleiterblocks (50) ein photoelektrisch wirksames System (51, 52, 53) gebildet wird, das mit einer strahlungsdurchlässigen Isolierschicht (54) überzogen wird, auf deren Deckfläche ein aus aufeinanderfolgenden strahlungsundurchlässigen und strahlungsdurchlässigen Zonen bestehendes Fresnel-System (55, 56, 56', 57, 57', 58, 58') derart aufgebracht wird, daß es zu dem photoelektrischen System (51, 52, 53) ausgerichtet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

5  
C  
a  
n  
n  
e  
d  
  
3  
/  
1  
3  
/  
2  
0  
0  
0  
6

ZIEHNUNGEN BLATT 2

Nummer: 1 764 639  
Int. Cl.: H 01 L 15/00  
Deutsche Kl.: 21 g, 29/10  
Auslegetag: 18. Februar 1971

Fig. 8

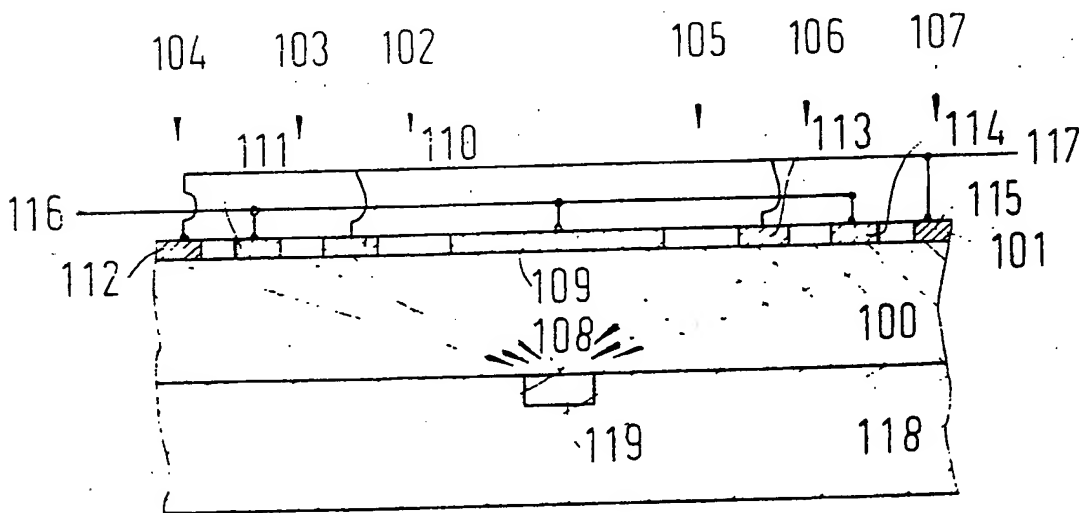
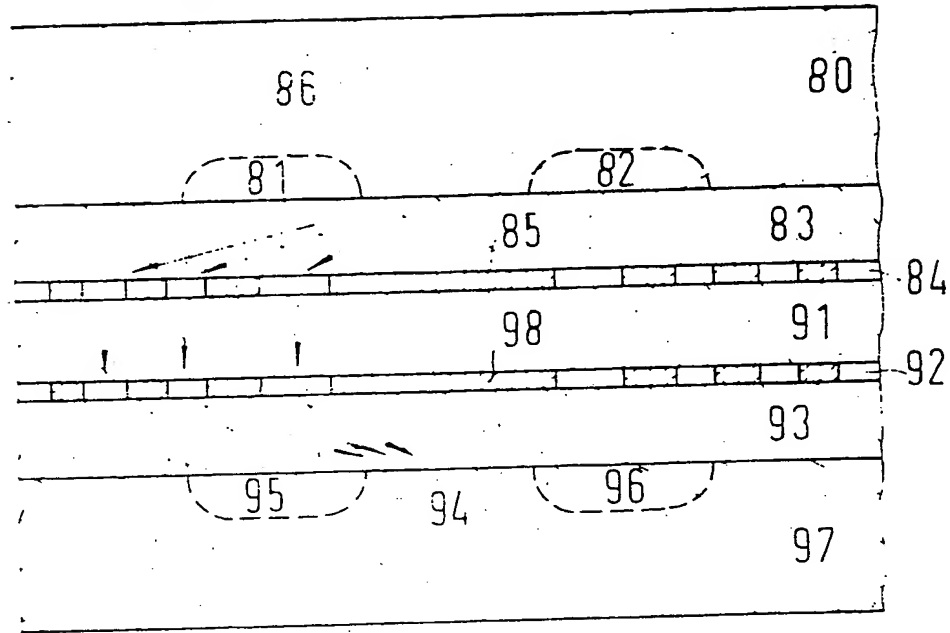


Fig. 9

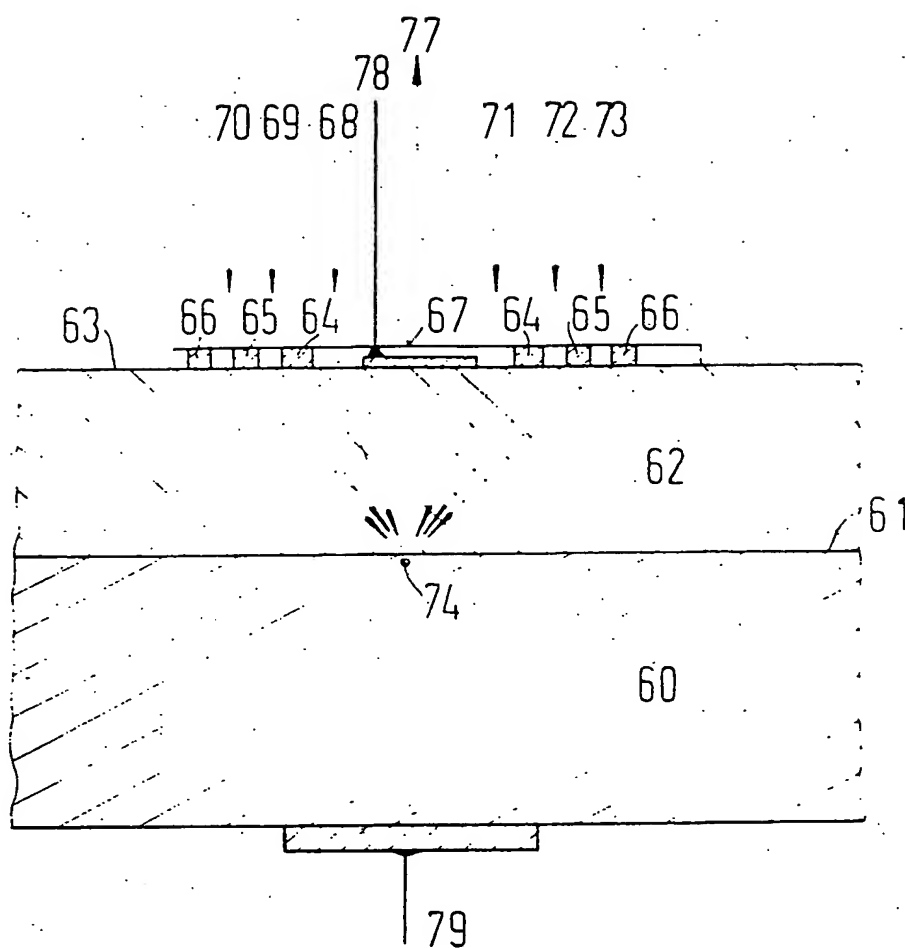


Fig. 7

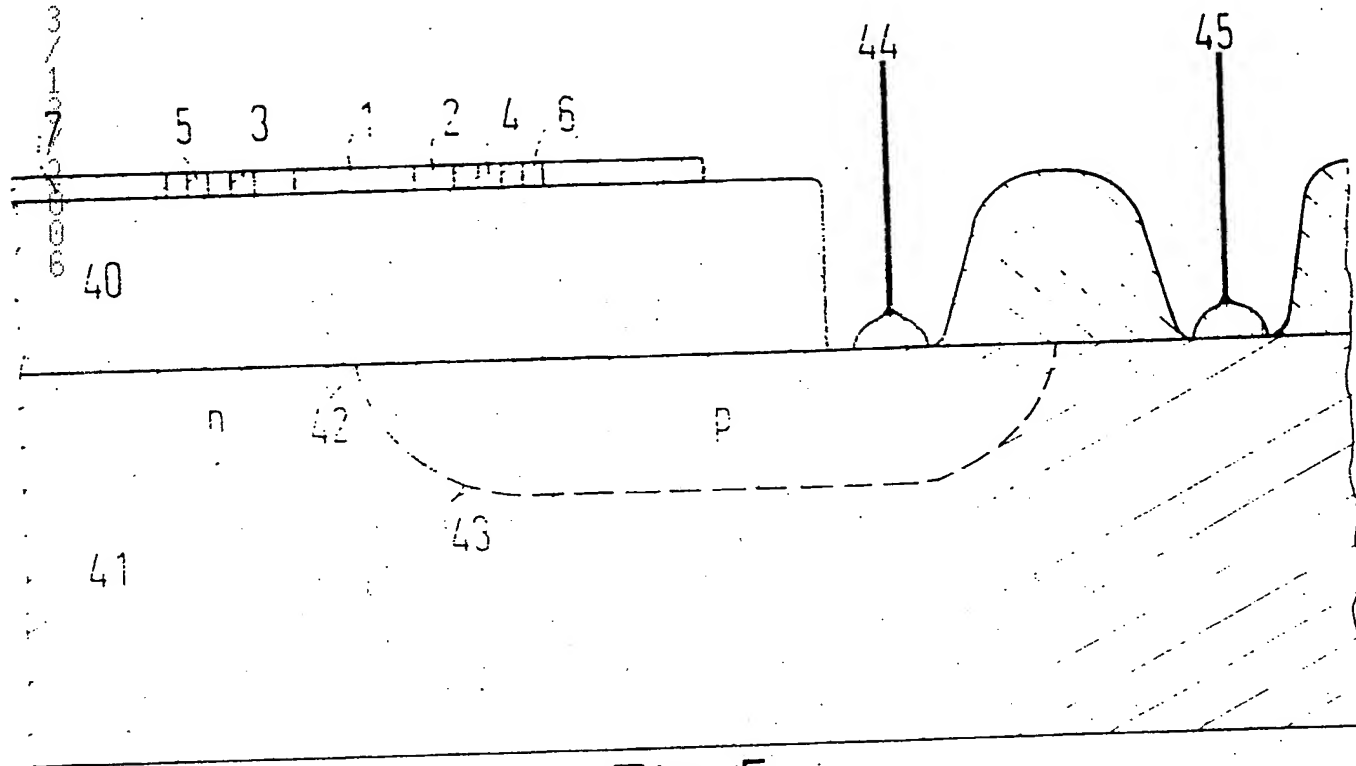


Fig. 5

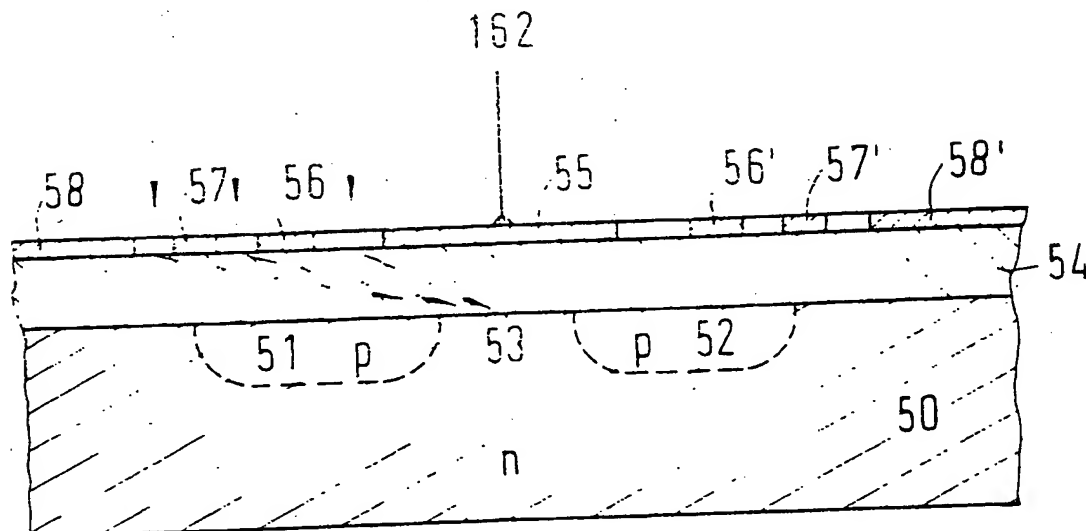


Fig. 6

Nummer: 1 764 639  
 Int. Cl.: H 01 L 15/00  
 Deutsche Kl.: 21 g, 29/10  
 Auslegungstag: 18. Februar 1971

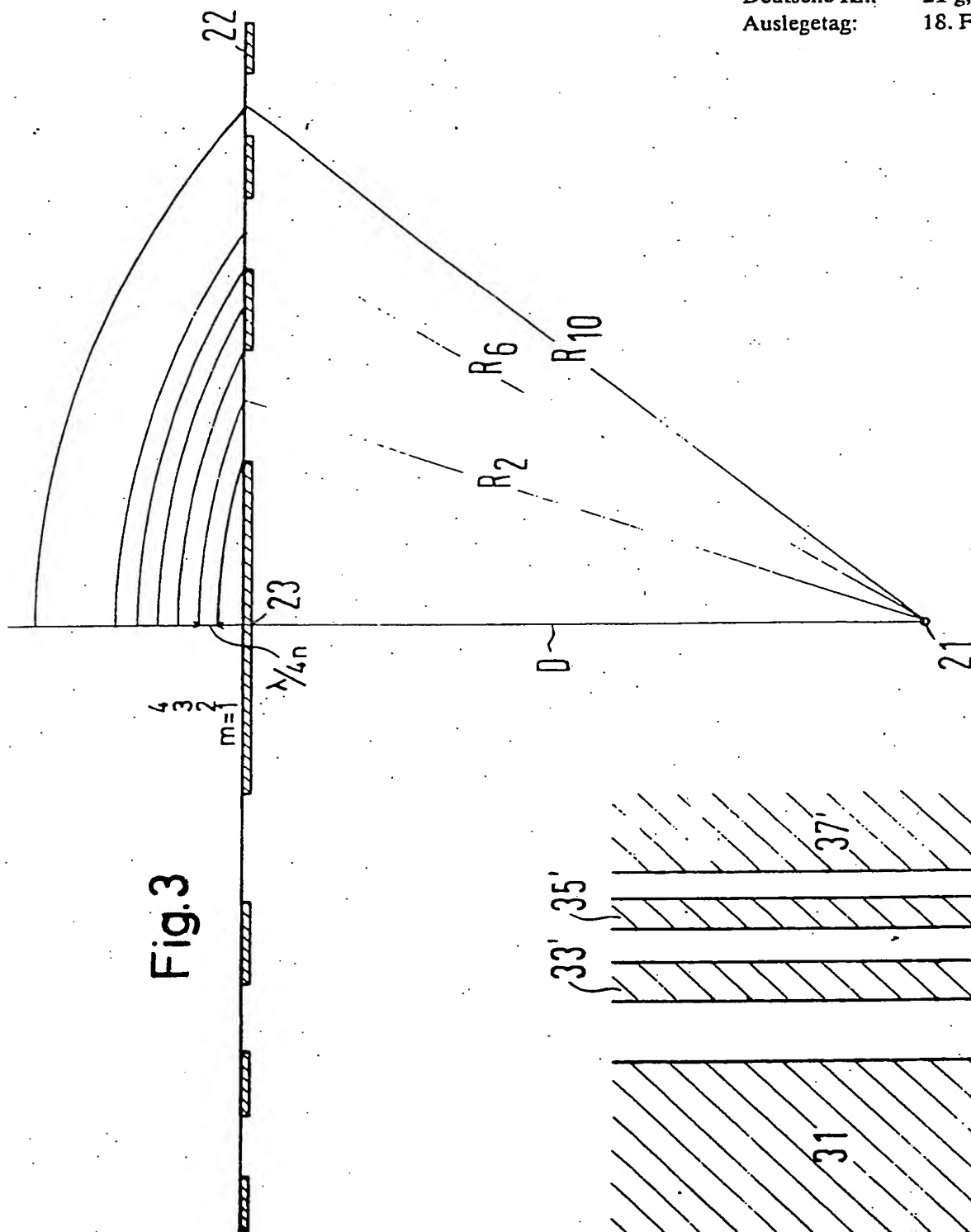


Fig. 3

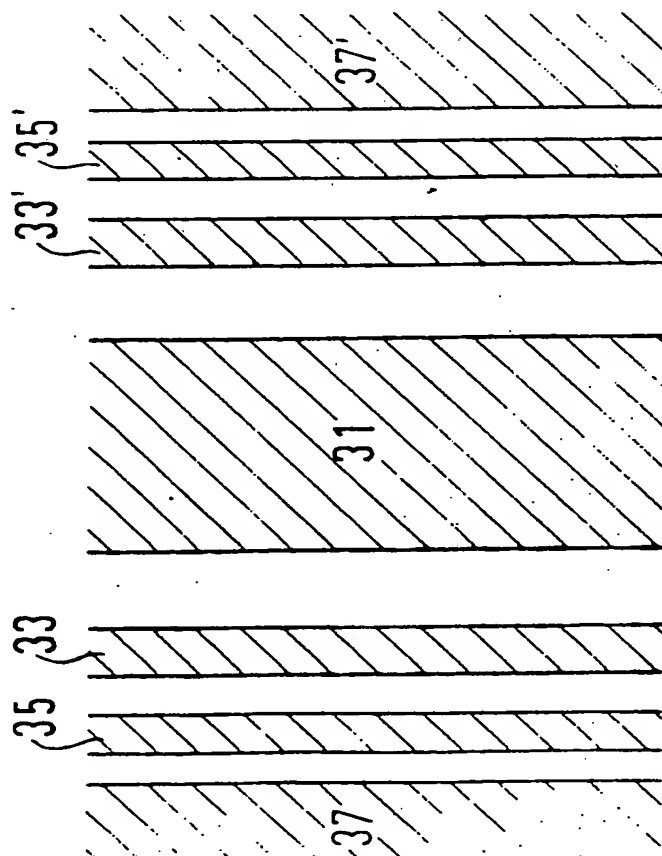
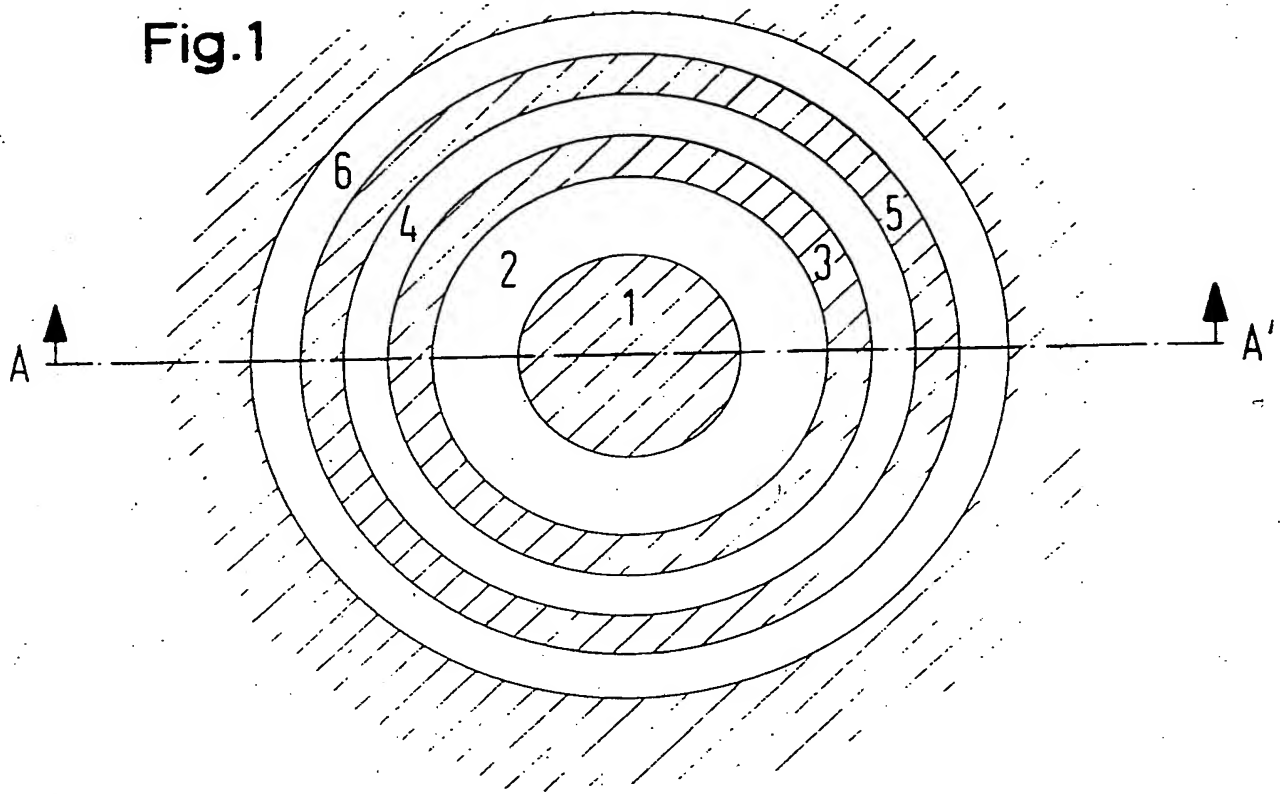
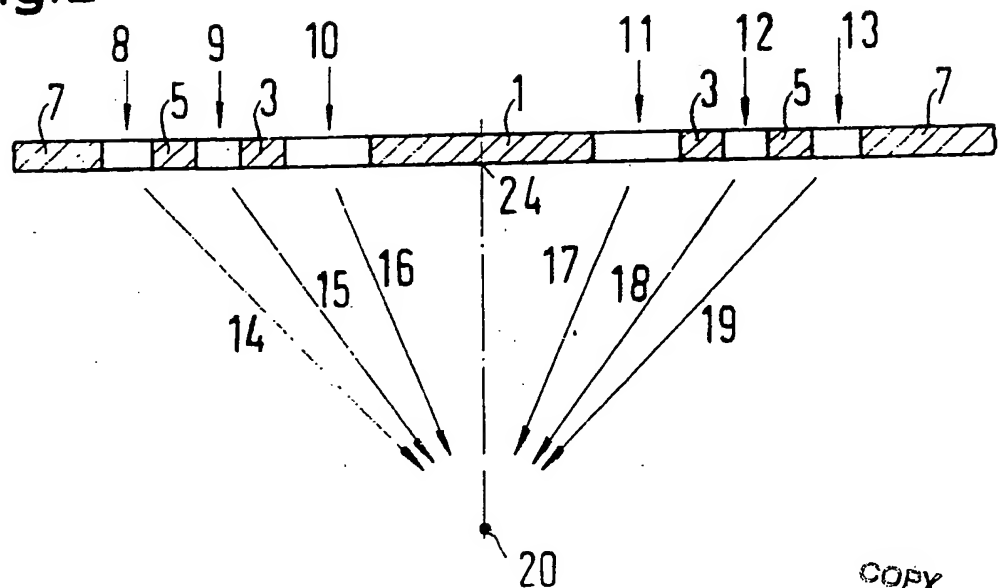


Fig. 4





**Fig.2**



COPY

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**